

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/KR05/000361

International filing date: 05 February 2005 (05.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: KR
Number: 10-2004-0009529
Filing date: 13 February 2004 (13.02.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 17 May 2005 (17.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office

출원 번호 : 특허출원 2004년 제 0009529 호
Application Number 10-2004-0009529

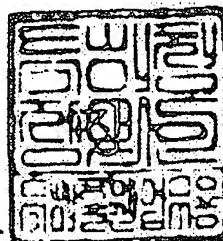
출원 일자 : 2004년 02월 13일
Date of Application FEB 13, 2004

출원인 : 에피밸리 주식회사
Applicant(s) EPIVALLEY CO., LTD

2005 년 04 월 07 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2004.02.13
【국제특허분류】	H01L
【발명의 국문명칭】	III-질화물 반도체 발광소자
【발명의 영문명칭】	III-Nitride compound semiconductor light emitting device
【출원인】	
【명칭】	에피밸리 주식회사
【출원인코드】	1-2000-040161-2
【대리인】	
【성명】	허진석
【대리인코드】	9-1998-000622-1
【포괄위임등록번호】	2003-067216-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	박은현
【성명의 영문표기】	PARK, Eun-Hyun
【주민등록번호】	710520-1783511
【우편번호】	463-835
【주소】	경기도 성남시 분당구 야탑동 매화마을 대창빌라 802동 40
	5호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	유태경
【성명의 영문표기】	YOO, Tae Kyung
【주민등록번호】	600306-1042718
【우편번호】	449-912

【주소】 경기도 용인시 구성읍 마북리 629 삼거마을 삼성레미안
 115-603
【국적】 KR
【심사청구】 청구
【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정
 에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인
 허진석 (인)
【수수료】
【기본출원료】 26 면 38,000 원
【가산출원료】 0 면 0 원
【우선권주장료】 0 건 0 원
【심사청구료】 22 항 813,000 원
【합계】 851,000 원
【감면사유】 소기업(70%감면)
【감면후 수수료】 255,300 원
【첨부서류】 1. 소기업임을 증명하는 서류_1통

【요약서】

【요약】

본 발명에 따른 III-질화물 반도체 발광소자는, 빛을 방출하는 활성층(30)이, n-GaN으로 이루어진 하부접촉층(20)과 p-GaN으로 이루어진 상부접촉층(40) 사이에 개재되어 이루어지는 III-질화물 반도체 발광소자로서, 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이에, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 으로 이루어지는 격자부정합 완화층(L3)과, n-GaN 또는 $\text{n-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 으로 이루어지는 전자공급층(L4)과, $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 으로 이루어지는 결정회복층(L5)이 순차적으로 적층되어 개재되는 것을 특징으로 한다. 경우에 따라서, 하부접촉층(20)과 격자부정합 완화층(L3) 사이에, n-GaN 또는 도펀트가 도핑되지 않은 GaN으로 이루어진 전자가속층(L1)과, 전자가속층(L1)보다 고농도로 도핑된 n-GaN으로 이루어진 이중접합 전자장벽 제거층(L2)이 순차적으로 적층되어 개재될 수 있다. 본 발명에 의하면, 활성층(30)에 효과적으로 전자가 공급되도록 하면서, 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이의 격자부정합을 완화시킬 수 있고, 하부접촉층(20)에의 n형 도핑으로 인해 나타나는 하부접촉층(20)과 그 위에 형성되는 박막의 품질저하를 해결할 수 있게 된다.

【대표도】

도 2

【색인어】

이중접합, 압전성, 전자가속층, 격자부정합, 전자장벽, GaN

【명세서】

【발명의 명칭】

Ⅲ-질화물 반도체 발광소자{Ⅲ-Nitride compound semiconductor light emitting device}

【도면의 간단한 설명】

- <1> 도 1은 종래의 Ⅲ-질화물 반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도;
- <2> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 Ⅲ-질화물 반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도;
- <3> 도 3은 도2의 각 층들의 전자전도대 에너지밴드 다이어그램;
- <4> 도 4는 도 2의 각 층들에 n형 도펀트로서 도핑된 실리콘의 농도 그래프;
- <5> 도 5는 하부접촉층(20)과 격자부정합 완화층(L3)이 바로 접한 경우의 이중접합 에너지밴드 다이어그램;
- <6> 도 6은 전자가속층(L1) 및 이중접합 전자장벽 제거층(L2)의 역할을 설명하기 위한 에너지밴드 다이어그램;
- <7> 도 7은 격자부정합 완화층(L3)의 두께에 따른 광출력을 나타내는 그래프;
- <8> 도 8은 격자부정합 완화층(L3)의 인듐함량에 따른 광출력을 나타내는 그래프;
- <9> 도 9는 전자공급층(L4)의 도핑농도에 따른 광출력을 나타내는 그래프;

- <10> 도 10은 결정회복층(L5)의 두께에 따른 누설전류를 나타내는 그래프; 및
- <11> 도 11은 이중접합 전자장벽 제거층(L2)의 도핑농도에 따른 순방향 구동전압을 나타내는 그래프이다.

<12> < 도면의 주요 부분에 대한 참조번호의 설명 >

- | | | |
|------|-------------------|-----------------|
| <13> | 10: 기판 | 15: 버퍼층 |
| <14> | 20: 하부접촉층 | 30: 활성층 |
| <15> | 40: 상부접촉층 | 50, 60, 70: 전극층 |
| <16> | 80: 보호막 | L1: 전자가속층 |
| <17> | L2: 이중접합 전자장벽 제거층 | L3: 격자부정합 완화층 |
| <18> | L4: 전자공급층 | L5: 결정회복층 |

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <19> 본 발명은 III-질화물 반도체 발광소자에 관한 것으로서, 특히 활성층과 n-GaN으로 이루어지는 하부접촉층 사이의 격자부정합을 완화시킬 수 있을 뿐만 아니라, n형 도펀트의 도핑으로 인해 야기되는 박막품질의 저하를 방지할 수 있는 III-질화물 반도체 발광소자에 관한 것이다.

- <20> 도 1은 종래의 III-질화물 반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도이다.
- <21> 도 1을 참고하면, 종래의 III-질화물 반도체 발광소자는, 사파이어 기판(20) 상에, 도펀트가 도핑되지 않은 GaN으로 이루어진 버퍼층(15), n-GaN으로 이루어진 하부접촉층(20), 단일양자우물구조 또는 다중양자우물구조를 가지는 활성층(30), 및 p-GaN으로 이루어진 상부접촉층(40)을 순차적으로 적층한 후에, 하부접촉층(20)이 노출되도록 mesa식각하고 전극으로 사용될 전극층(50, 60, 70)들을 형성한 후에 보호막(80)을 형성함으로써 이루어진다.
- <22> 활성층(30)의 다중양자우물구조는 양자우물층과 양자장벽층이 번갈아 적층되어 이루어지는데, 양자우물층으로는 InGaN층이 사용될 수 있고, 양자장벽층으로는 InGaN층 또는 GaN층이 사용될 수 있다. 물론, 양자우물층과 양자장벽층으로서 모두 InGaN층을 사용할 경우 양자장벽층에서의 In양은 양자우물층에서의 In양보다는 적어야 할 것이다.
- <23> 상술한 종래의 III-질화물 반도체 발광소자는 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이에서의 격자부정합이 매우 크다는 문제점을 갖는다. 발광하고자 하는 빛의 파장이 길어질수록 이러한 격자부정합은 더욱 커지게 되고 이로 인하여 고품질의 활성층(30)을 성장시키기가 더 어려워지게 된다. III-질화물 반도체는 그 물질 특성상 압전체(piezoelectrics)의 특성을 갖는데, 이러한 압전성은 상기와 같은 격자부정합이 커질수록 더욱 강하게 나타나게 된다. 특히, 압전현상이 활성층(30) 내부에서 나타날 경우 활성층(30)의 에너지밴드 모양의 변형을 가져와 전자와 홀(hole)의 파동함수(wave function)의 왜곡을 초래하게 되고 이로 인해 활성층(30)에서의 발광

효율이 감소하게 되는 문제가 나타나게 된다.

<24> 한편, III-질화물 반도체에의 n형 도펀트, 예컨대 실리콘의 도핑농도가 높아지면 III-질화물 반도체층의 박막 품질이 나빠지게 되며, 또한 그 위에 증착되는 박막층 또한 그 영향을 받아서 품질이 나빠지게 되는 것이 일반적이다. 따라서, 하부접촉층(20)의 도핑농도가 높아질수록 이에 접하는 활성층(30)의 박막 품질이 나빠져서 발광효율 및 소자의 신뢰성이 저하되는 문제가 나타나게 된다.

<25> 상술한 바와 같이 종래의 III-질화물 반도체 발광소자에 의하면, 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이의 격자부정합 문제와, 하부접촉층(20)에의 n형 도핑으로 인해 나타나는 하부접촉층(20)과 활성층(30)의 품질 저하 문제가 발생하게 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<26> 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는, 활성층(30)에 효과적으로 전자가 공급되도록 하면서, 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이의 격자부정합을 완화시킬 수 있고, 하부접촉층(20)에의 n형 도핑으로 인해 나타나는 하부접촉층(20)과 그 위에 형성되는 박막의 품질저하를 해결할 수 있는 III-질화물 반도체 발광소자를 제공하는 데 있다.

【발명의 구성】

<27> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명에 따른 III-질화물 반도체 발광소

자는, 빛을 방출하는 활성층이, n-GaN으로 이루어진 하부접촉층과 p-GaN으로 이루어진 상부접촉층 사이에 개재되어 이루어지는 III-질화물 반도체 발광소자로서, 상기 하부접촉층과 상기 활성층 사이에, $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 으로 이루어지는 격자부정합 완화층과, n-GaN 또는 $\text{n-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 으로 이루어지는 전자공급층과, $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 으로 이루어지는 절정회복층이 순차적으로 적층되어 개재되는 것을 특징으로 한다.

<28> 상기 활성층은 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 으로 이루어진 양자우물층을 포함하는 단일양자우물 구조 또는 다중양자우물구조를 가질 수 있다.

<29> 상기 활성층은 양자우물층과 양자장벽층이 번갈아 적층되어 이루어지는 다중 양자우물구조를 할 수 있는데, 이 때, 상기 격자부정합 완화층은 상기 양자우물층의 에너지 밴드갭보다는 크고, 상기 양자장벽층의 에너지 밴드갭보다는 작은 에너지 밴드갭을 가지는 것이 바람직하다.

<30> 상기 격자부정합 완화층은 10~1000Å의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

<31> 상기 격자부정합 완화층에는 도펀트가 도핑되지 않는 것이 바람직하다.

<32> 상기 격자부정합 완화층의 인듐함량은 $0 < x \leq 0.4$ 인 것이 바람직하다.

<33> 상기 전자공급층의 Al 함량은 $0 < y \leq 0.2$ 인 것이 바람직하다.

<34> 상기 전자공급층은 10~500Å의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

<35> 상기 전자공급층의 도핑농도는 $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/ cm^3 인 것이 바람직하다.

- <36> 상기 활성층은 양자우물층과 양자장벽층이 번갈아 적층되어 이루어지는 다중 양자우물구조를 할 수 있는데, 이 때, 상기 결정회복층은 상기 양자우물층의 에너지 밴드갭보다는 크고, 상기 양자장벽층의 에너지 밴드갭보다는 작은 에너지 밴드갭을 가지는 것이 바람직하다.
- <37> 상기 결정회복층은 10~500Å의 두께를 가지는 것이 바람직하다.
- <38> 상기 결정회복층에는 도펀트가 도핑되지 않는 것이 바람직하다.
- <39> 상기 결정회복층의 인듐함량은 $0 < z \leq 0.4$ 인 것이 바람직하다.
- <40> 상기 하부접촉층과 상기 격자부정합 완화층 사이에, n-GaN또는 도펀트가 도핑되지 않은 GaN으로 이루어진 전자가속층과, 상기 전자가속층보다 고농도로 도핑된 n-GaN으로 이루어진 이중접합 전자장벽 제거층이 순차적으로 적층되어 개재될 수 있다.
- <41> 상기 전자가속층이 n-GaN으로 이루어지는 경우 그 때의 도핑농도는 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$ 원자수/cm³ 인 것이 바람직하다.
- <42> 상기 전자가속층은 100~10000Å의 두께를 가지는 것이 바람직하다.
- <43> 상기 이중접합 전자장벽 제거층의 도핑농도는 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³ 인 것이 바람직하다.
- <44> 상기 이중접합 전자장벽 제거층은 10~300Å의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

- <45> 상기 이중접합 전자장벽 제거층은 델타도핑층일 수 있다.
- <46> 한편, 상기 이중접합 전자장벽 제거층은 상기 전자가속층보다 고농도로 도핑된 n-GaN로 이루어진 제1층과, 도핑되지 않은 GaN 또는 상기 제1층보다 저농도로 도핑된 n-GaN으로 이루어진 제2층이 초격자 형태로 번갈아 적층되어 이루어질 수도 있다. 이 때, 상기 제1층의 도핑농도는 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³ 인 것이 바람직하다. 그리고, 상기 제1층 및 제2층의 두께는 각각 5 ~ 150 Å이며, 상기 이중접합 전자장벽 제거층의 두께는 20 ~ 500 Å 인 것이 바람직하다.
- <47> 이하에서, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면들을 참조하여 상세히 설명한다. 도면에 있어서, 도 1과 동일한 참조번호는 동일 기능을 수행하는 구성요소를 나타내며 반복적인 설명은 생략한다.
- <48> 아래의 실시예는 본 발명의 내용을 이해하기 위해 제시된 것일 뿐이며 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상 내에서 많은 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명의 권리범위가 이들 실시예에 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안된다.
- <49> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 III-질화물 반도체 발광소자를 설명하기 위한 단면도이다.
- <50> 도 2를 참조하면, 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이에는 격자부정합으로 인

한 변형(strain)을 완화시키기 위해 도핑되지 않은 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 으로 이루어지는 격자부정합 완화층(L3)이 개재되고, 격자부정합 완화층(L3) 상에는 활성층(30)으로 전자를 효과적으로 공급하기 위하여 $\text{n-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 으로 이루어지는 전자공급층(L4)이 증착된다. 전자공급층(L4) 상에는 도핑으로 인하여 박막의 품질이 나빠진 전자공급층(L4)의 박막품질을 회복시켜주기 위하여 도핑되지 않은 $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 으로 이루어지는 결정회복층(L5)이 증착된다. 따라서, 활성층(30)은 결정회복층(L5)에 접하게 된다.

<51> 또한, 필요에 따라 격자부정합 완화층(L3)을 가지는 본 발명의 동작특성을 향상시키기 위해서, n-GaN 또는 도핑이 안된 GaN 으로 이루어진 전자가속층(L1)과, n-GaN 으로 이루어진 이중접합 전자장벽 제거층(L2)이 순차적으로 적층되어 하부접촉층(20)과 격자부정합 완화층(L3) 사이에 개재될 수 있다.

<52> 도 3은 도2의 각 층들의 전자전도대 에너지밴드를 도시한 것으로서, 도핑농도를 고려하지 않고 물질구성을 바탕으로 대략적으로 그려진 것이다. 그리고, 도 4는 도 2의 각 층들에 n 형 도펀트로서 도핑된 실리콘의 농도를 나타낸 그래프이다.

<53> 도 3 및 도 4를 참고하면, 격자부정합 완화층(L3)과 결정회복층(L5)은 양자우물층(W)의 에너지 밴드갭보다는 크고, 양자장벽층(B)의 에너지 밴드갭보다는 작은 에너지 밴드갭을 가진다. 그렇다고 하여, 격자부정합 완화층(L3)과 결정회복층(L5)이 같은 크기의 에너지 밴드갭을 가져야 한다는 의미는 아니다. 격자부정합 완화층(L3)과 결정회복층(L5)의 에너지 밴드갭은 In 양에 따라 변하는데 In 량이 증가할수록 작아진다. 결정회복층(L5)의 인듐함량은 $0 < z \leq 0.4$ 인 것이 바람직하다.

<54> 격자부정합 완화층(L3)과 결정회복층(L5)은 도핑을 할 경우 박막품질이 나빠져서 소자의 신뢰성 및 발광효율에 문제가 발생할 우려가 많으므로 의도적으로 도핑하지 않는 것이 바람직하다.

<55> n형 도핑에 의해 박막품질이 저하된 전자공급층(L4)이 직접 활성층(30)에 접하는 것이 아니라, 도핑이 안되어서 품질이 양호한 결정회복층(L5)이 활성층(30)에 접하기 때문에 이로 인해 고품질의 활성층(30)을 얻을 수 있게 된다. 따라서, 활성층(30)의 발광효율이 증대된다. 도 10은 결정회복층(L5)의 두께에 따른 누설전류를 나타내는 그래프인데, 결정회복층(L5)의 두께는 10~500 Å가 바람직하며, 150~500 Å이면 더욱 바람직하다.

<56> 격자부정합 완화층(L3)이 과도하게 두꺼우면 의도적으로 도핑하지 않은 것으로 인하여 발광소자의 직렬저항이 증가하여 소자의 구동전압이 상승하는 문제가 발생하게 되며, 반대로 과도하게 얇으면 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이의 격자부정합 완화에 문제가 생기기 때문에, 격자부정합 완화층(L3)은 10~1000 Å의 두께를 가지는 것이 바람직하다.

<57> 격자부정합 완화층(L3)의 두께에 따른 발광소자의 광출력 변화에 대한 실험 결과가 도 7에 제시되었다. 도 7은 발광파장 470nm 근처에서 격자부정합 완화층(L3)의 인듐함량이 3%인 조건에서 행해진 결과로서, 격자부정합 완화층(L3)의 두께가 500~700 Å일 때 최대 광출력을 나타내고, 이러한 최적 두께에서 벗어난 경우에 비해 최고 50% 까지 휘도가 개선됨을 알 수 있다.

<58> 격자부정합 완화층(L3)의 두께가 500 Å인 상태에서 인듐함량에 따른 광출력

변화가 도 8에 제시되었는데, 인듐함량이 3~4% 근처에서 최고의 발광효율이 나타남을 알 수 있다.

<59> 격자부정합 완화층(L3)의 두께 및 인듐함량은 하부접촉층(20)과 활성층(30)의 격자부정합 정도에 따라서 다양한 조합으로 구성될 수 있다. 활성층(30)의 밴드갭이 작을수록 격자부정합 완화층(L3)의 두께와 인듐 함량이 증가하는 것이 바람직하다.

<60> 격자부정합 완화층(L3)의 도입으로 인하여 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이의 격자부정합이 최소화되어 활성층(30)의 박막특성이 개선되는 효과를 얻을 수 는 있으나 다음과 같은 두가지 문제가 생기게 된다.

<61> 첫째, 격자부정합 완화층(L3)은 의도적으로 도핑이 되지 않은 층이기 때문에 전기전도도가 나빠서 하부접촉층(20)으로부터 활성층(30)까지의 전자주입에 있어서 전자가 장애를 느끼게 된다. 즉, 활성층(30)에 주입되는 전자의 수가 작아져 발광효율이 감소되는 문제가 생긴다.

<62> 둘째, 격자부정합 완화층(L3)은 인듐을 포함하는 층이므로 격자부정합 완화층(L3) 아래의 하부접촉층(20)과의 접촉면에서 이종접합 특성이 나타나게 된다. 이종접합으로 인하여 접촉면에서 전자장벽(electron energy barrier)이 형성되고 이로 인해 하부접촉층(20)으로부터 활성층(30)으로의 전자의 흐름이 방해받게 된다. 따라서, 구동 전압이 증가하게 된다.

<63> 상기의 첫째 문제를 해결하기 위하여 격자부정합 완화층(L4) 상에 $n\text{-Al}_y\text{Ga}_{1-y}$

yN으로 이루어지는 전자공급층(L4)을 형성한다.

<64> 전자공급층(L4)의 n형 도펀트의 도핑농도는 $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³ 가 될 수 있으며, 두께는 10~500Å이면 좋다. 그리고, Al 함량은 $0 \leq y \leq 0.2$ 가 바람직하다. Al의 양이 많을수록 밴드갭이 커지게 되는데, 전자공급층(L4)의 위와 아래에 있는 격자부정합 완화층(L3)과 결정회복층(L5)은 모두 InGaN으로 이루어지기 때문에 이들 두층과 전자공급층(L4)의 전자전도대의 불일치성을 최소화하기 위해 이와 같이 전자공급층(L4)의 밴드갭을 GaN의 밴드갭과 같거나 이보다 크게 제한하는 것이다.

<65> 전자공급층(L4)의 도입은 격자부정합 완화층(L3)의 도입으로 말미암은 활성층(30)으로의 전자공급 장애를 해결하기 위함이며, 이로 인해 광출력 및 구동전압이 개선되게 된다.

<66> 도 9는 전자공급층(L4)의 도핑농도에 따른 광출력 특성을 나타낸 그래프이다. 도핑농도가 낮을 경우 광출력이 급격히 떨어지는 경향을 나타내고 있는데, 이는 격자부정합 완화층(L3)으로 인한 전자공급 차질 때문에 나타나는 현상이다. 전자공급층(L4)의 도핑농도가 약 5×10^{16} 정도일 때 최적치가 됨을 알 수 있다. 너무 과도하게 도핑이 된 경우에 광출력이 감소하는 경향을 보이는데, 이는 과도 도핑으로 인한 박막 품질저하가 활성층(30)에 영향을 주기 때문에 나타나는 현상이라고 볼 수 있다.

<67> 한편, 상기의 둘째 문제를 해결하기 위하여 격자부정합 완화층(L4) 아래에

고농도로 도핑된 n-GaN으로 이루어진 이중접합 전자장벽 제거층(L2)을 형성한다. 이중접합 전자장벽 제거층(L2)은 하부접촉층(20)과 격자부정합 완화층(L3) 사이에서의 이중접합으로 인해 생기는 전자장벽을 제거하기 위한 것으로서 전자가속층(L1)보다 더 높게 고농도로 도핑된 델타도핑층이다.

<68> 이중접합에 의한 전자장벽(Electron Barrier)은 하부접촉층(20)에서 활성층(30)으로의 전자흐름에 장애를 주어 소자의 구동 전압을 크게 증가시키는 문제를 야기한다. 이러한 문제는 격자부정합 완화층(L3)의 인듐 함량이 증가할수록 더 심각해지게 된다.

<69> 이중접합 전자장벽 제거층(L2)의 도핑농도는 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³

<70> 인 것이 바람직하며, 두께는 10~300Å인 것이 바람직하다. 이중접합 전자장벽 제거층(L2)은 매우 얇아야 하는데, 이는 델타도핑을 통해서 이루어질 수 있다. 이중접합 전자장벽 제거층(L2)이 두꺼울 경우 박막의 품질이 저하되어 그 위에 형성되는 박막의 특성들이 나빠져서 소자의 성능이 떨어지게 되는 바, 이와 같이 적절한 두께가 요구되는 것이다.

<71> 필요에 따라서, 이중접합 전자장벽 제거층(L2)은 전자가속층(L1)보다 고농도로 도핑된 n-GaN로 이루어진 제1층과, 도핑되지 않은 GaN 또는 상기 제1층보다 저농도로 도핑된 n-GaN으로 이루어진 제2층이 초격자 형태로 번갈아 적층되어 이루어질 수도 있다. 이 때, 상기 제1층의 도핑농도는 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³인 것이 바람직하다. 그리고, 상기 제1층 및 제2층의 두께는 각각 5 ~ 150Å이며, 상기 이중

접합 전자장벽 제거층의 두께는 20 ~500Å 인 것이 바람직하다. 이렇게 초격자 형태로 구성하면 전자장벽 제거층의 두께에 따른 구동전압의 민감도를 개선할 수 있는 장점이 있다.

<72> 도 11은 이중접합 전자장벽 제거층(L2)의 도핑농도에 따른 20mA에서의 순방향 구동전압을 나타낸 그래프이다. 도핑농도가 낮을 경우 구동전압이 4V까지 증가하는 것을 보여주고 있으며, 도핑농도에 따라 구동전압이 3.1V까지 감소함을 알 수 있다. 참고로 현재 요구되는 질화물 반도체 발광소자의 순방향 구동전압은 20mA에서 3.5V이하가 일반적이다

<73> 이중접합 전자장벽 제거층(L2)의 역할을 증대시키기 위해서 이중접합 전자장벽 제거층(L2) 아래에 저농도 N-GaN 또는 인위적으로 도핑이 되지 않은 GaN으로 이루어진 전자가속층(L1)을 도입하면 좋다.

<74> 도 5는 하부접촉층(20)과 격자부정합 완화층(L3)이 바로 인접할 때의 에너지 밴드 다이어그램인데, 이중접합에 의한 전자장벽의 존재로 인해 전자가 격자부정합 완화층(L3)으로 넘어가기 어려움을 알 수 있다.

<75> 도 6은 전자가속층(L1) 및 이중접합 전자장벽 제거층(L2)의 역할을 설명하기 위한 에너지밴드 다이어그램이다. 도 6에서 알 수 있듯이, 전자가속층(L1)과 이중접합 전자장벽 제거층(L2) 사이의 도핑농도 차이로 인하여 에너지밴드가 아래로 휘어지게 된다. 따라서, 화살표 반대방향으로 전기장이 생기게 되고 이 전기장에 의해서 전자가 이중접합 전자장벽 제거층(L2) 방향으로 가속되게 된다. 또한, 고농도로 도핑된 이중접합 전자장벽 제거층(L2)에 의해서 이중접합으로 생성되는 전자장

벽의 높이와 폭이 감소하게 된다. 따라서, 전자는 이러한 두가지 효과에 의해서 쉽게 이중접합 전자장벽을 통과하게 되어 소자의 구동전압이 획기적으로 감소하게 된다.

<76> 질화물 반도체의 경우 n형 도핑농도가 클 경우 박막의 품질이 급격하게 낮아지는 경향이 있으므로 전자가속층(L1)은 도펀트를 의도적으로 도핑하지 않거나 저농도로 도핑하는 것이 바람직하다. 전자가속층(L1)에 도핑이 이루어질 경우 그 도핑농도는 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$ 원자수/cm³ 인 것이 바람직하며, 두께는 10~10000Å가 바람직하다.

【발명의 효과】

<77> 상술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 활성층(30)에 효과적으로 전자가 공급되도록 하면서, 하부접촉층(20)과 활성층(30) 사이의 격자부정합을 완화시킬 수 있고, 하부접촉층(20)에의 n형 도핑으로 인해 나타나는 하부접촉층(20)과 그 위에 형성되는 박막의 품질저하를 해결할 수 있게 된다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

빛을 방출하는 활성층이, n-GaN으로 이루어진 하부접촉층과 p-GaN으로 이루어진 상부접촉층 사이에 개재되어 이루어지는 III-질화물 반도체 발광소자로서,

상기 하부접촉층과 상기 활성층 사이에,

$\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 으로 이루어지는 격자부정합 완화층과, n-GaN 또는 $\text{n-Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 으로 이루어지는 전자공급층과, $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ 으로 이루어지는 결정회복층이 순차적으로 적층되어 개재되는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 활성층이 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 으로 이루어진 양자우물층을 포함하는 단일양자우물구조 또는 다중양자우물구조를 갖는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 활성층이 양자우물층과 양자장벽층이 번갈아 적층되어 이루어지는 다중양자우물구조를 하며, 상기 격자부정합 완화층이 상기 양자우물층의 에너지 밴드갭보다는 크고, 상기 양자장벽층의 에너지 밴드갭보다는 작은 에너지 밴드갭을 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 격자부정합 완화층이 10~1000Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 5】

제1항에 있어서, 상기 격자부정합 완화층에는 도펀트가 도핑되지 않는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 6】

제1항에 있어서, 상기 격자부정합 완화층의 인듐함량이 $0 < x \leq 0.4$ 인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 7】

제1항에 있어서, 상기 전자공급층의 Al 함량이 $0 < y \leq 0.2$ 인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 8】

제1항에 있어서, 상기 전자공급층이 10~500Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 9】

제1항에 있어서, 상기 전자공급층의 도핑농도가 $5 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 10】

제1항에 있어서, 상기 활성층이 양자우물층과 양자장벽층이 번갈아 적층되어 이루어지는 다중양자우물구조를 하며, 상기 결정회복층이 상기 양자우물층의 에너지 밴드갭보다는 크고, 상기 양자장벽층의 에너지 밴드갭보다는 작은 에너지 밴드갭을 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 11】

제1항에 있어서, 상기 결정회복층이 10~500 Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 12】

제1항에 있어서, 상기 결정회복층에는 도펀트가 도핑되지 않는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 13】

제1항에 있어서, 상기 결정회복층의 인듐함량이 $0 < z \leq 0.4$ 인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 14】

제1항에 있어서, 상기 하부접촉층과 상기 격자부정합 완화층 사이에, n-GaN 또는 도펀트가 도핑되지 않은 GaN으로 이루어진 전자가속층과, 상기 전자가속층보다 고농도로 도핑된 n-GaN으로 이루어진 이중접합 전자장벽 제거층이 순차적으로 적층되어 개재되는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 15】

제14항에 있어서, 상기 전자가속층이 n-GaN으로 이루어지는 경우 그 때의 도핑농도가 $1 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{18}$ 원자수/cm³ 인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 16】

제14항에 있어서, 상기 전자가속층이 100~10000 Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 17】

제14항에 있어서, 상기 이중접합 전자장벽 제거층의 도핑농도가 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³ 인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 18】

제14항에 있어서, 상기 이중접합 전자장벽 제거층이 10~300 Å의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 19】

제14항에 있어서, 상기 이중접합 전자장벽 제거층이 델타도핑층인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 20】

제1항에 있어서, 상기 하부접촉층과 상기 격자부정합 완화층 사이에,

n-GaN 또는 도펀트가 도핑되지 않은 GaN으로 이루어진 전자가속층; 및

상기 전자가속층보다 고농도로 도핑된 n-GaN로 이루어진 제1층과, 도핑되지 않은 GaN 또는 상기 제1층보다 저농도로 도핑된 n-GaN으로 이루어진 제2층이 초격자 형태로 번갈아 적층되어 이루어지는 이종접합 전자장벽 제거층; 이 순차적으로 적층되어 개재되는 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 21】

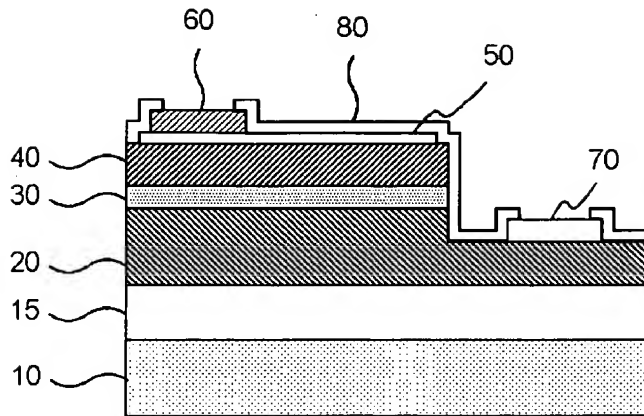
제20항에 있어서, 상기 제1층의 도핑농도가 $1 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{21}$ 원자수/cm³ 인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【청구항 22】

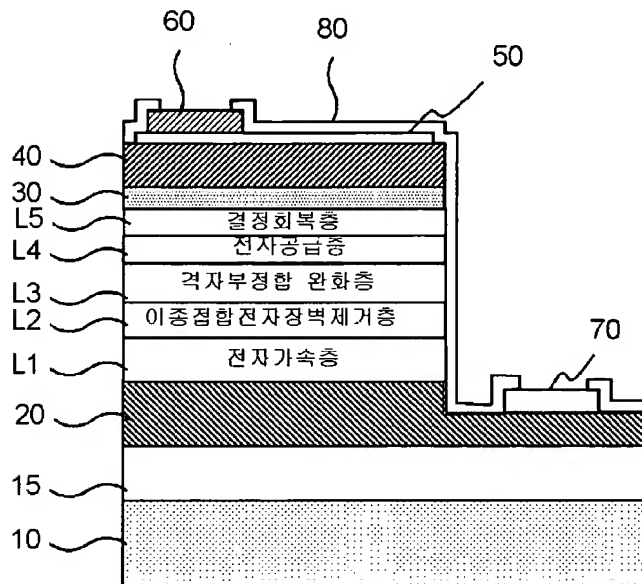
제20항에 있어서, 상기 제1층 및 제2층의 두께는 각각 5 ~ 150Å이며, 상기 이종접합 전자장벽 제거층의 두께는 20 ~ 500Å 인 것을 특징으로 하는 III-질화물 반도체 발광소자.

【도면】

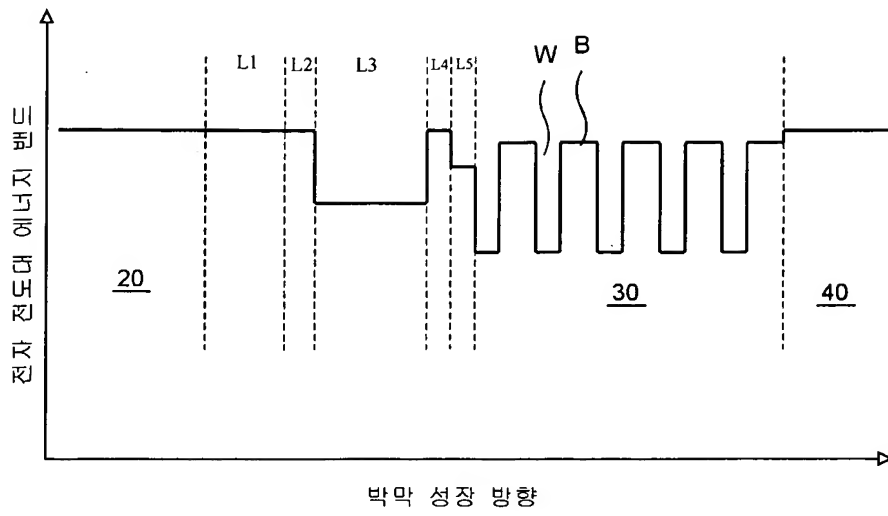
【도 1】



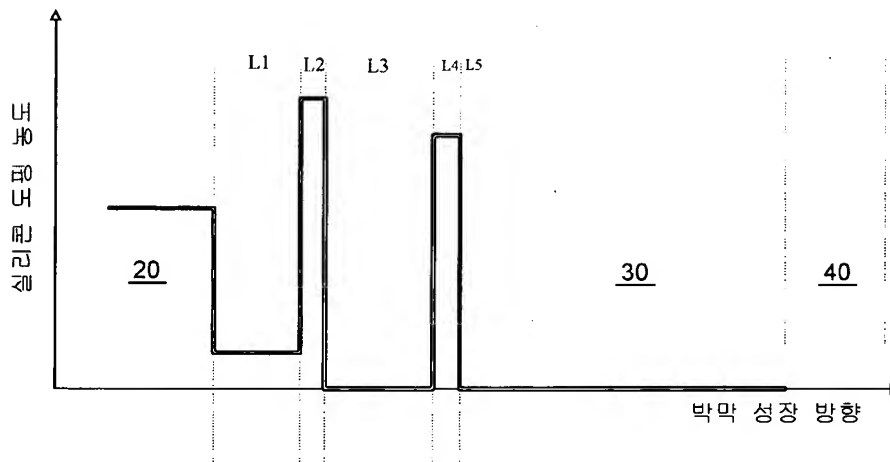
【도 2】



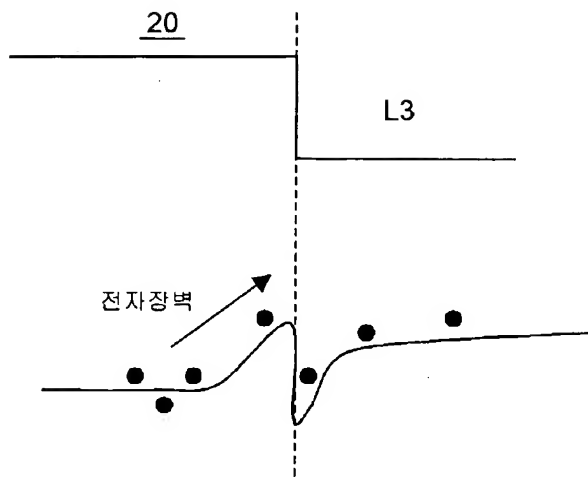
【도 3】



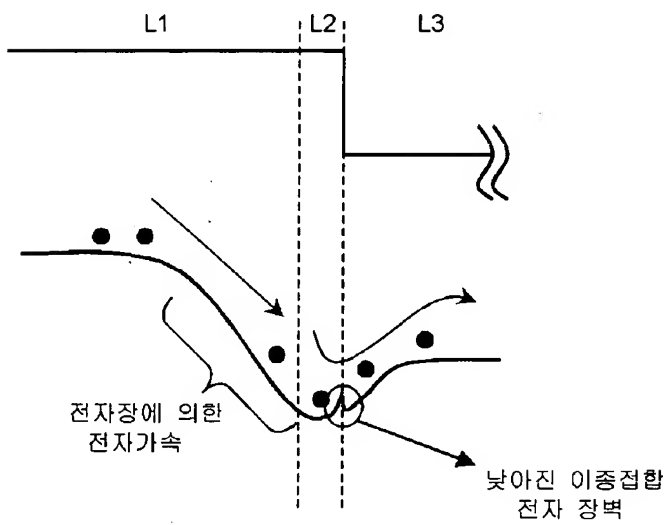
【도 4】



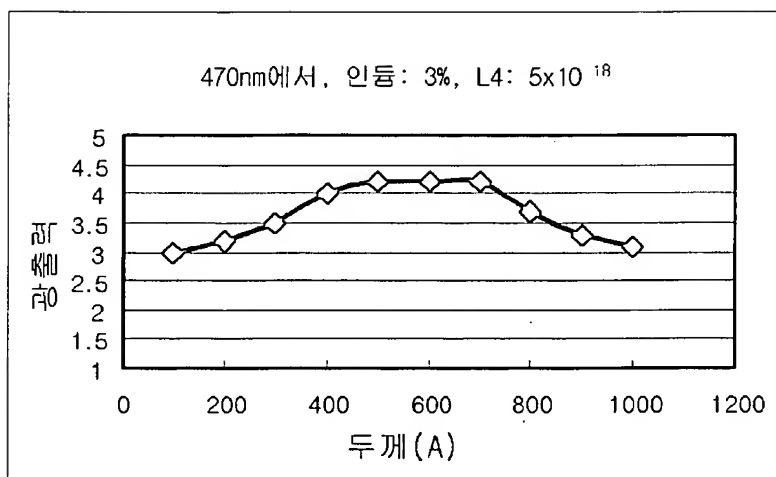
【도 5】



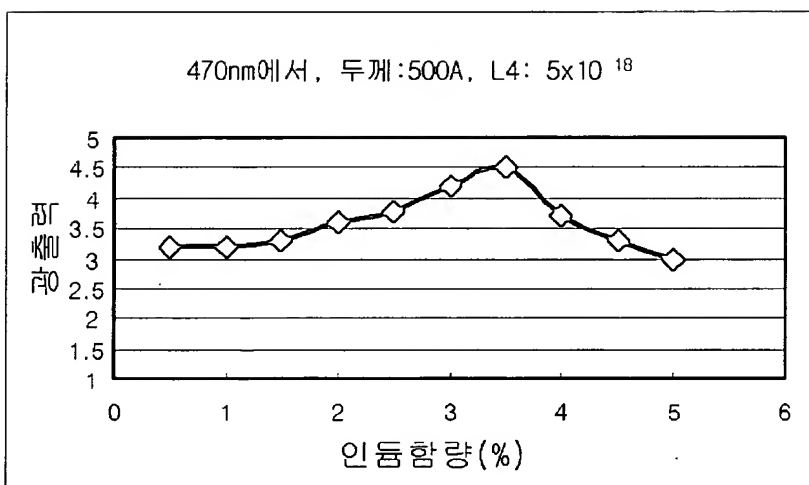
【도 6】



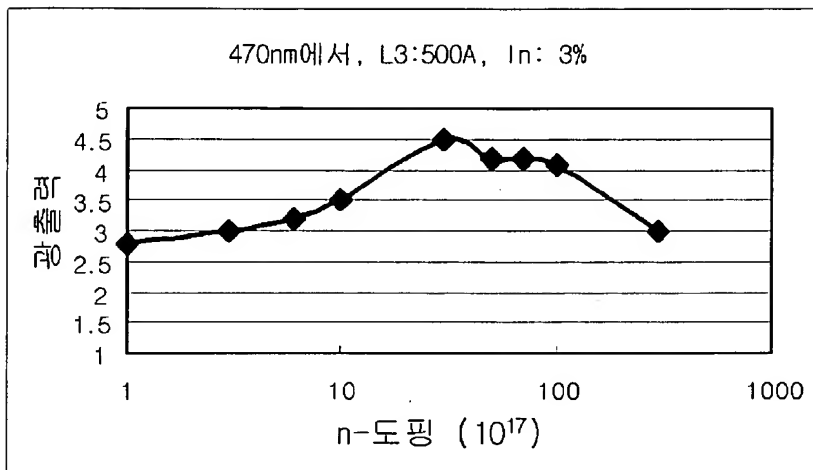
【도 7】



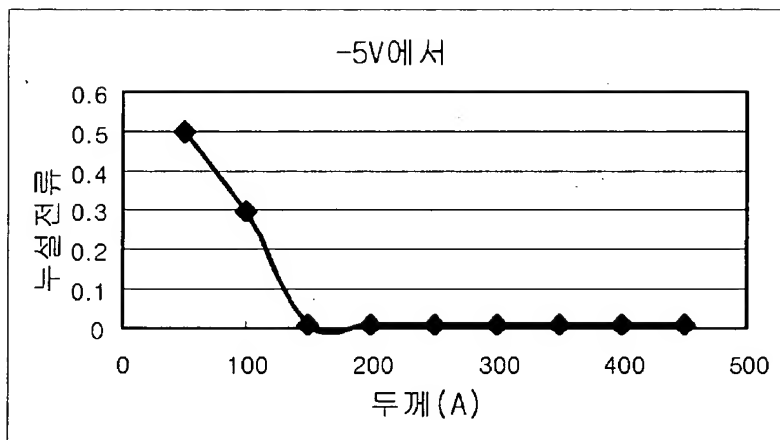
【도 8】



【도 9】



【도 10】



【도 11】

